

Investigación y análisis de la causa raíz de falla en transformadores Guía IEEE

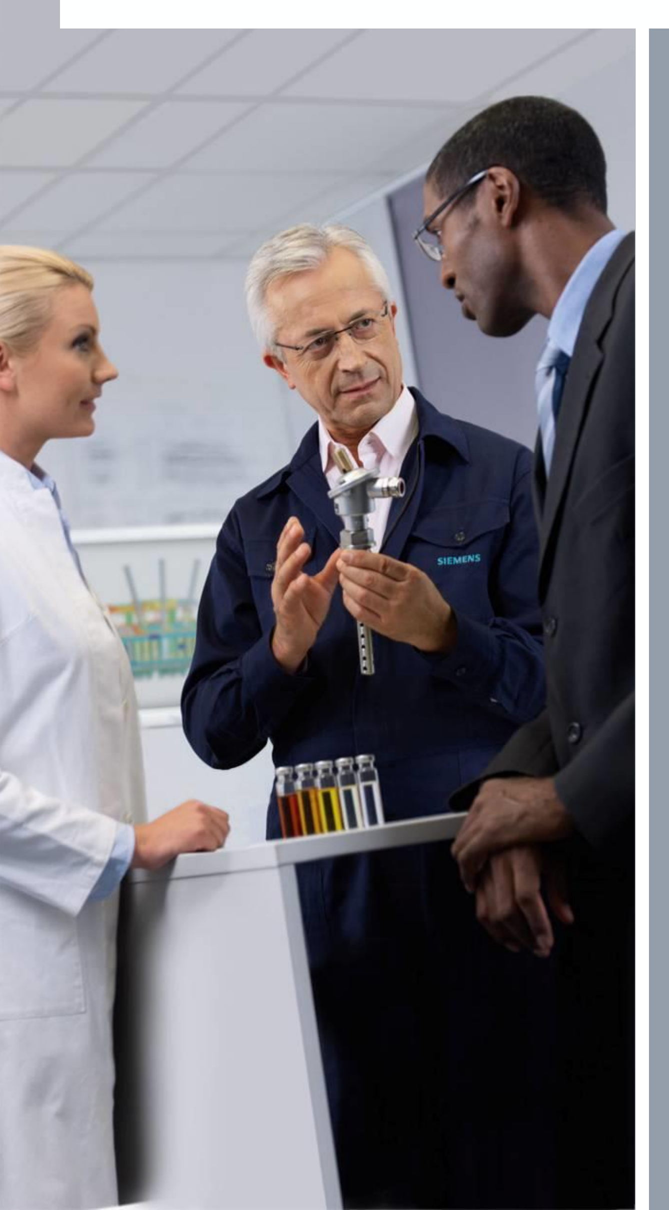
SIEMENS

Fernando Suescún *fernando.suescun@siemens.com*
SIEMENS -
Gerente de Servicio Transformadores

Harold Tascón *harold.tascon@gmail.com*
Ingeniero Consultor



SIEMENS



Administración de vida útil de transformadores de Potencia

Investigación y Análisis de causa raíz de falla en transformadores ,.

Módulos de diagnóstico y Guía para investigación de falla IEEE.

Fernando Suescún

Harold Tascón

May 2014


SIEMENS
1- INTRODUCCIÓN
2- DETERMINACIÓN E INVESTIGACIÓN DE UNA OCURRENCIA DE FALLA
3- RECOLECCION DE LA INFORMACION
4-ANALISIS

INTRODUCCION

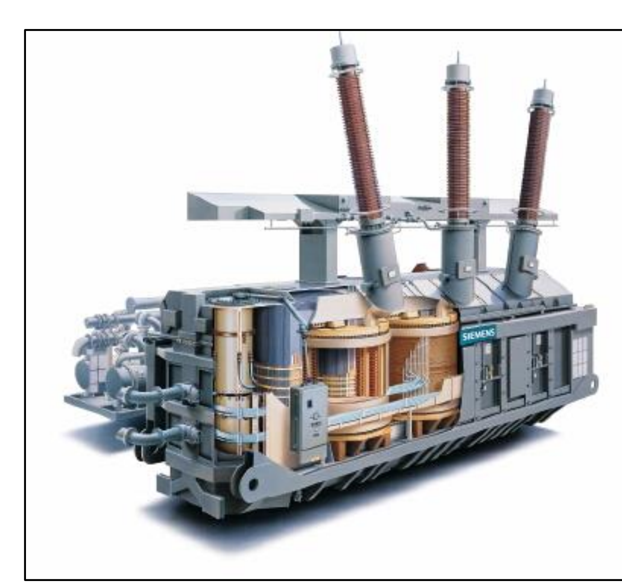


Aplicación

Procedimiento utilizado para realizar análisis de falla en transformadores de potencia de red Y de generación.

Propósito.

- Determinar la mas probable causa de falla en forma metodológica de un caso en particular, utilizando la metodología descrita en la Guia IEEE.
- Resaltar la importancia de realizar la investigación en forma conjunta entre el usuario y el investigador, para de esa forma tener acceso a información de primera mano en el proceso



SIEMENS



1- INTRODUCCIÓN
2- DETERMINACIÓN E INVESTIGACIÓN DE UNA OCURRENCIA DE FALLA
3- RECOLECCION DE LA INFORMACION
4-ANALISIS

Determinación e Investigación de una ocurrencia de falla.



TRANSFORMADOR FUERA DE SERVICIO

RECOLECCION DE INFORMACION

PRUEBAS ESPECIFICAS

ANALISIS DE LA INFORMACION

DESVIACIONES EN PRUEBAS DE RUTINA

PROBLEMA?

si

no

MONITOREO

REGRESO A SERVICIO

ES EL DAÑO OBVIO?

si

no

PRUEBAS

CANDIDATO PARA REPARACION

si

PRUEBAS SELECCIONADAS

ANALISIS DE RESULT DE PRUEBAS

PRUEBAS ESPECIFICAS

si

no

PROBLEMA ENCONTRADO?

si

no

PRUEBAS ADICIONALES?

REALIZAR ACCIONES CORRECTIVAS

DESECHAR DESTINO FINAL

INSPECCCION INTERNA ANALISIS

no

REPARACION EN CAMPO?

si

no

no

DECISION DE REPARACION EN FABRICA?

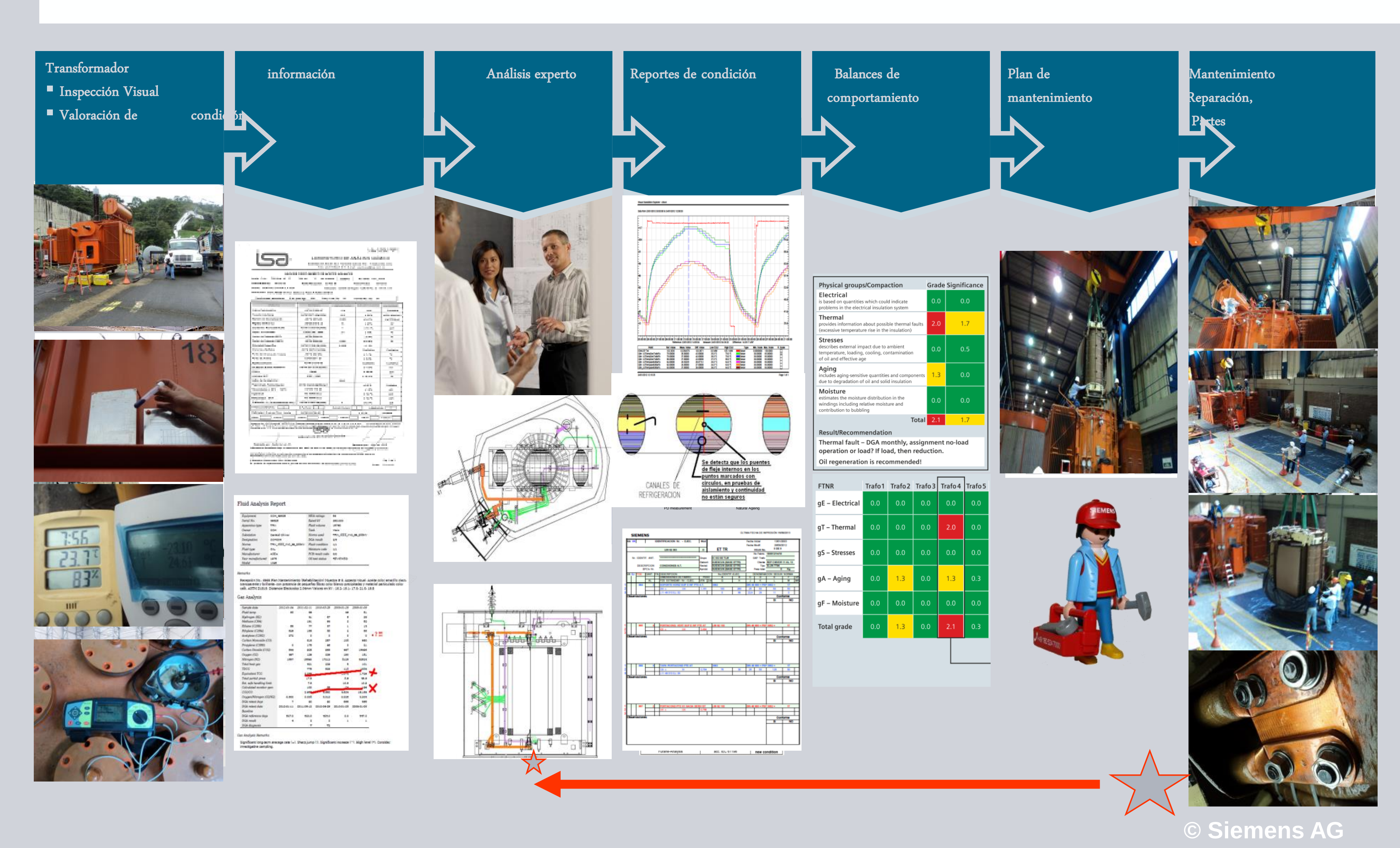
si

DESARMARME COMPLETO ANALISIS

IEEEC57.125.1991(R2005) IEEE Guide for failure investigation, documentation, and analysis for Power Transfprmers and Shunt Reactors

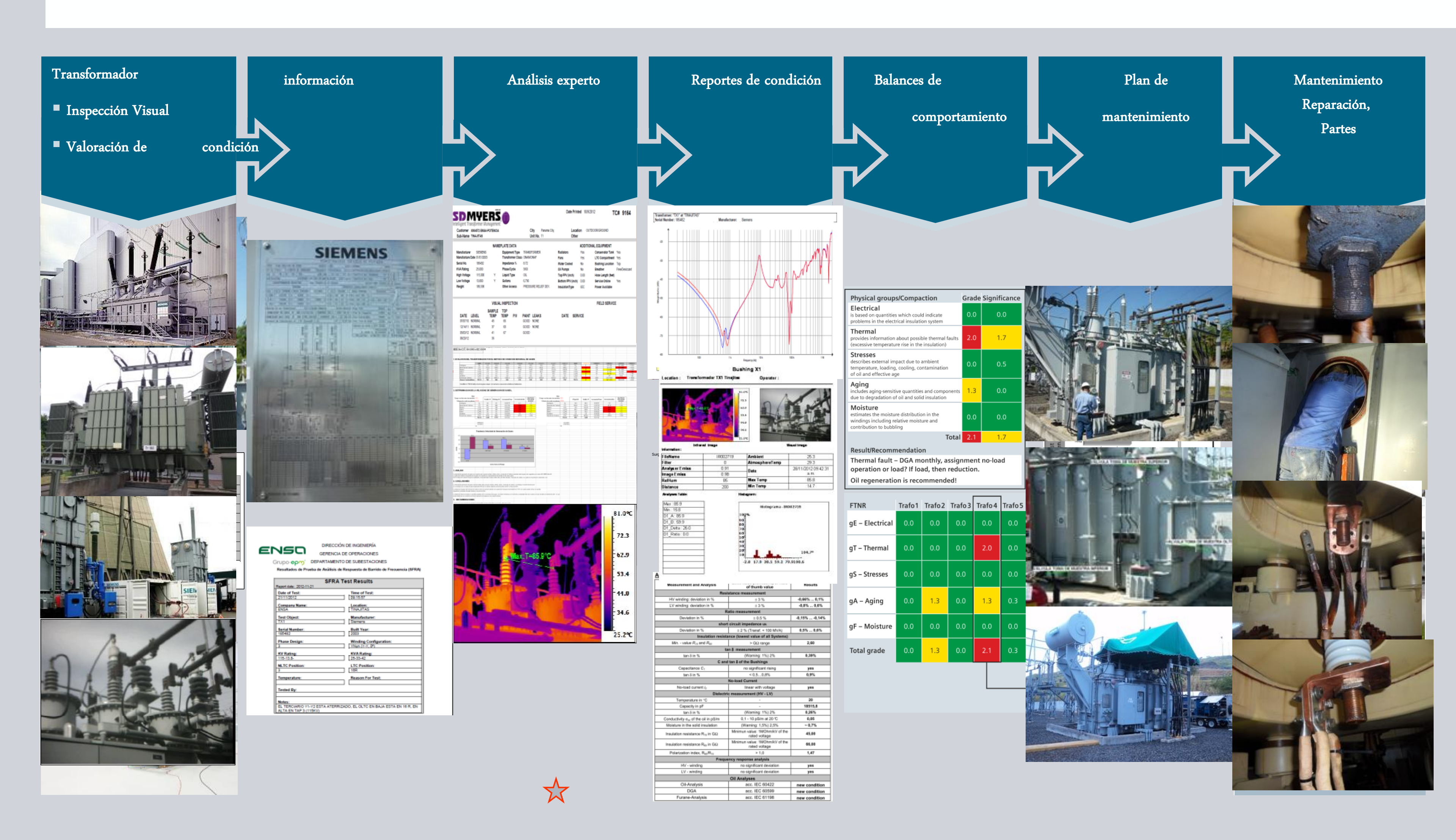
SITRAM® Correctivos en campo después de un análisis

SIEMENS



SITRAM® Correctivos en campo después de un análisis

SIEMENS



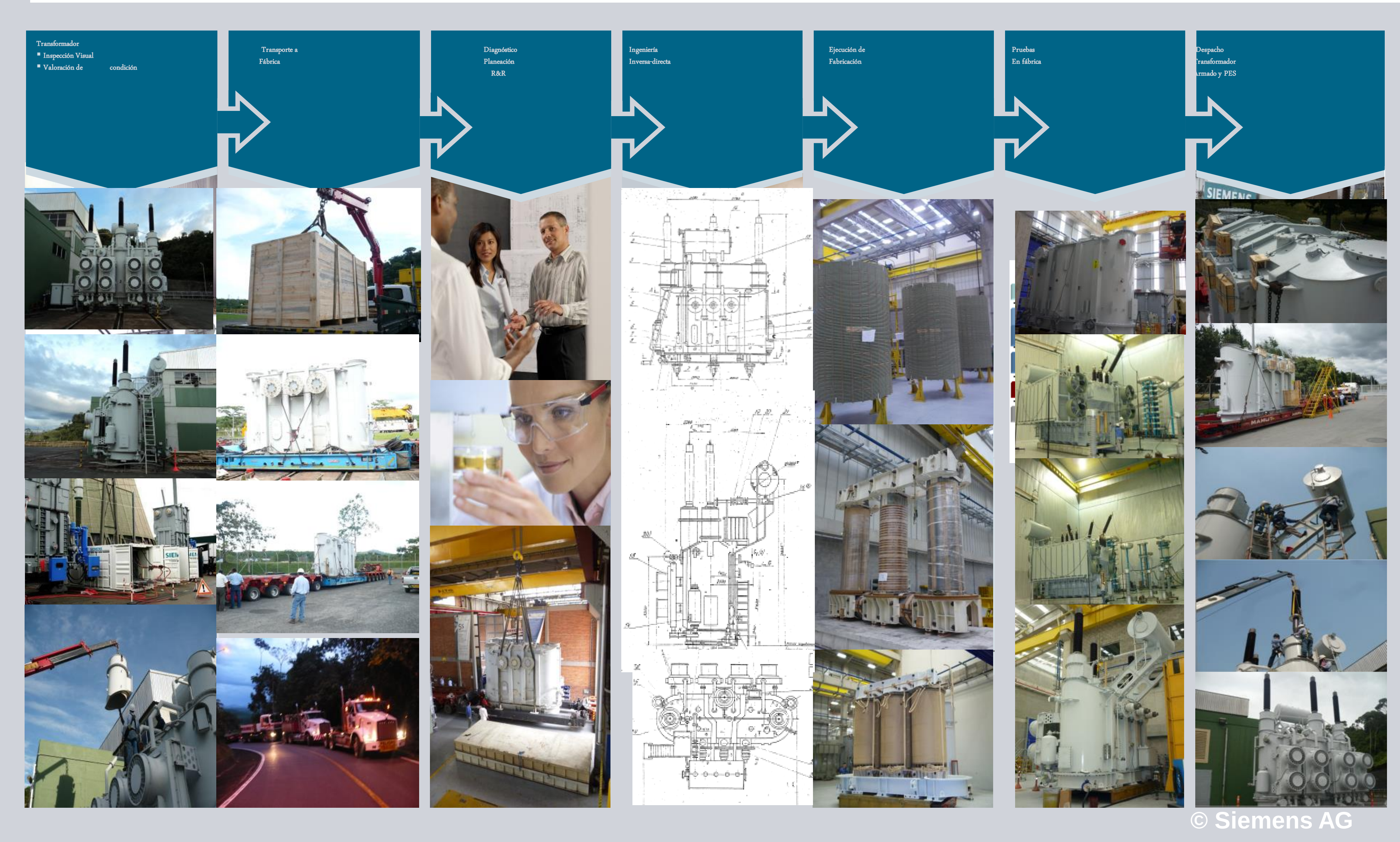
Physical groups/Compaction	Grade	Significance
Electrical — is based on quantities which could indicate problems in the electrical insulation system	0.0	0.0
Thermal — provides information about possible thermal faults (excessive temperature rise in the insulation)	2.0	1.7
Stresses — describes external impact due to ambient temperature, loading, cooling, contamination of oil and effective age	0.0	0.5
Aging — includes aging-sensitive quantities and components due to degradation of oil and solid insulation	1.3	0.0
Moisture — estimates the moisture distribution in the windings including relative moisture and contribution to bubbling	0.0	0.0
Total	2.1	1.7

Result/Recommendation
Thermal fault – DGA monthly, assignment no-load operation or load? If load, then reduction.
Oil regeneration is recommended!

FTNR	Trafo1	Trafo2	Trafo3	Trafo4	Trafo5
gE – Electrical	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
gT – Thermal	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
gS – Stresses	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
gA – Aging	0.0	1.3	0.0	1.3	0.3
gF – Moisture	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total grade	0.0	1.3	0.0	2.1	0.3

SIEMENS

SITRAM® Correctivos en fábrica después de un análisis



SIEMENS



1- INTRODUCCIÓN
2- DETERMINACIÓN E INVESTIGACIÓN DE UNA OCURRENCIA DE FALLA
3- RECOLECCION DE LA INFORMACION
4-ANALISIS

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Lista sugerida de preparación
Manual de servicio del transformador
Reportes de prueba (Fábrica y en campo)
Reportes rutinarios de inspección
Diagrama unifilar de la instalación/Sub estación
Diagrama esquemático de protección del trafo
Registros de mantenimiento y contingencias
Settings de instrumentos del transformador
Cámara de video/fotografía
Flexómetro
Elementos de protección personal
Boroscopios
Linternas
Magneto (determinar particulas magnéticas)
Recipientes para muestras de aceite
Medidores de oxigeno

Trabajo colaborativo
Concepto de trabajo en equipo
Curiosidad y objetividad
Evitar sesgar la opinión
Evitar la trampa de generalizar

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Lista sugerida de observaciones generales			
Condiciones externas	Tormentas y rayos	Tanque principal	Deformado
			Agrietado
			Fugas
	Sonidos inusuales/olores		Señales de sobrecalentamiento
	Residuos expedidos		Niveles de aceite
	Contacto de Animales (vivos/muertos)		Presión de gas en manómetros
	Objetos extraños		Estado del gabinete de control
	Estado sistema antincendios	Bushings	Fugas
	Evidencia de vandalismo		Porcelanas rotas
	Disturbios del sistema		Huecos o poros
	Cargabilidad		Grietas
Radiadores	Ventiladores y bombas		Nivel de aceite
	Válvulas de radiadores abiertas	Conmutadores	Posición del LTC (encontrada)
	Circulación de aire entre rad.		Máxima posición
Pararrayos	Operación		Mínima posición
	Condiciones físicas		Posición del DETC
	Condiciones eléctricas		Nivel de aceite
	Conexión a tierra.		Registro de operaciones

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Observación de alarmas y disparos	
Relés de protección	
Diferencial (87)	
Sobrecorriente (50,51,6)	
Corriente de fase (50,51,67,21,32)	
Falla a tierra (50N, 51N, 64)	
Polaridad (36,32)	
Sobrexcitación (81)	
Indicaciones de medida (Sobrecargas, desbalances …)	
Operacíón de relés de presión (63,63FP,63SP)	
Operación de válvula de sobrepresión (63PR,63P)	
Temperaturas de aceite (encontrada y máxima) (49,26)	
Temperaturas de dev. (encontrada y máxima) (49,26)	
Niveles de aceite (71)	
Buchholz (63GD)	
Flujo de aceite (80,74)	
Anunciadores de alarma (30,74)	
Registradores de eventos	
Oscilograma de secuencia de eventos.	





RECOLECCION DE LA INFORMACION



Pruebas eléctricas
Resistencia de aislamiento
Devanado a devanado
Devanado a tierra
Todos los devanados a tierra
Núcleo a tierra
Absorción dieléctrica (Indice de absorción)
Otras pruebas comunes en campo
Relación de transformación
Factor de potencia del aislamiento
Rigidez dieléctrica en el aceite (en sitio)
Corriente de excitación
Respuesta en frecuencia
Otras pruebas de diagnóstico (de ser posible)
Impulso a baja tensión
Prueba de tensión inducida y descargas parciales
Medición de Impedancia
Medición de sonido audible

155950 - Relación de Transformación (Error %)

0,07% -0,16% -0,11% 0,26% 0,21% 1,87%

AN / ac BN / ca CN / cb

Transformador ZTR-155950

IExcitación [mA]

42 50,7 32 40,65 40,5 50,22

A B C

Transformador ZTR

Resistencia Ohmica [mΩ]

	A-N	B-N	C-N
1998-03-30	500	500	500
2011-06-05	511	509	1.020
2011-12-27	512	510	1.022

Transf. ZTR 155950

Conexión: Dev. AT-BT cortocircuitado

Fase A - color verde

Fase B - color naranja

Fase C - color morado

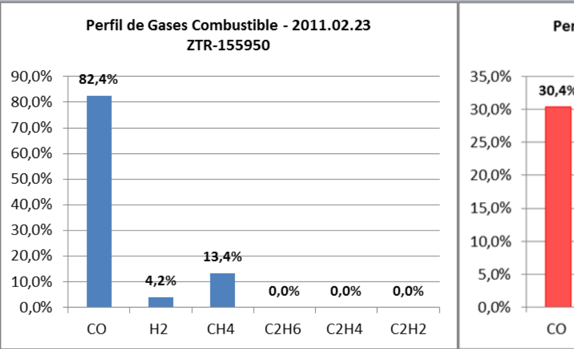
Impedancia Corto-circuito Nominal [%]	Impedancia Medida [%]	Reactancia Medida [%]
13,100	26,716 (103,939 %)	26,553 (102,695 %)

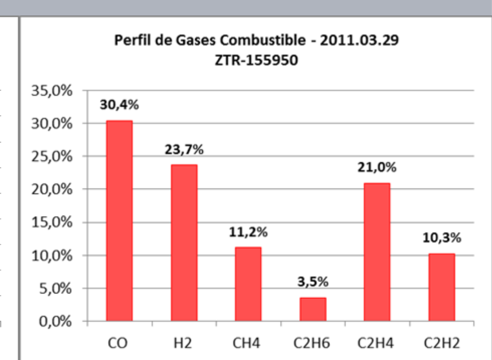
Impedancia Corto-circuito Nominal [%]	CONEXIÓN	Impedancia Medida [%]	Reactancia Medida [%]
13,100	AN / (a+ b)	12,027 (-8,191 %)	11,997 (-8,420 %)
	BN / (b + c)	11,936 (-8,885 %)	11,915 (-9,046 %)
	CN / (c +a)	53,895 (311,412 %)	53,390 (307,557 %)

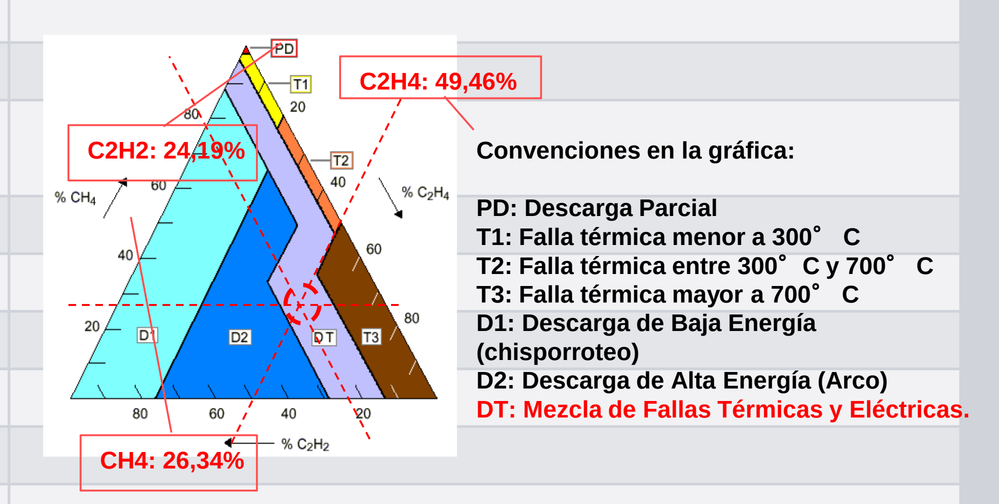
RECOLECCION DE LA INFORMACION



Pruebas de gas y líquido aislante
Contenido de gas combustible en relé buchholz
Contenido de gas combustible en espacio de gas inerte
Humedad del espacio de gas inerte (dew point)
Pruebas de aceite
Análisis de laboratorio de comp. Individuales de gases en relé buchholz o en espacio de gas inerte
Análisis de laboratorio de gases individuales presentes en gas disuelto en el aceite
Análisis de laboratorio de aceite definidos como rutina
Análisis de laboratorio para análisis de partículas y trazas metálicas
PCB en aceite.
Azufre corrosivo en aceite.
(IEEE C57.104-2008)
(IEEE C.57.106.1991)
ASTM D4059







RECOLECCION DE LA INFORMACION



ENSAYOS	NORMA	TE 32915	ISA 37672	DOBLE	ESTADO
Índice Colorimétrico	ASTM D1500	< 1,0	< 1,0		Aceptable
Tensión Interfacial	ASTM D971	41,37	50,5		Aceptable
Número de Neutralización	ASTM D974	0,0073	0,005		Aceptable
Rigidez Dieléctrica	ASTM D1816	33,88	12		No aceptable
Contenido de Humedad	ASTM D1533	26,8	56		No aceptable
Factor de Potencia (100° C)	ASTM D924		0,2055		Aceptable
Gravedad Específica	ASTM D1296	0,885	0,8854		Aceptable
Inhibidor de Oxidación			0,2959		Aceptable
Azufre Corrosivo	ASTM D1275B		Nivel 4A Corrosivo	Nivel 4A Corrosivo	No aceptable
Prueba CCD	DOBLE - IEC 62535			3A - 4A 4A - 4A	Falla
Dibencil Disulfuro (DBDC)				98	No Aceptable
Indice de Calidad			10.100		

Datos Ensayos Aceite Aislante después de falla

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Prueba de diagnóstico para soportar análisis de gases

<table>
<tr><th>Tipo de falla</th><th colspan="7">Significancia de la prueba</th></tr>
<tr><td>Arco eléctrico</td><td rowspan="4">Propiedades físicas del aceite (A6)

-Rigidez Dieléctrica

-Tensión interfacial

-Contenido de humedad

-Color</td><td rowspan="4">Resistencia de aislamiento y (TTR) (A2)

-Estado del aislamiento principal, comportamiento a la polarización

-Detectar problemas de alineamiento de taps. O de corto entre espiras (TTR)</td><td rowspan="2">Factor de potencia

-Modelo capacitivo del aislamiento</td><td>Excitación a bajo voltaje (A3)</td><td>Impedancia (A9)</td><td>Resistencia (A5)</td><td>Prueba de tensión inducida (A8)</td></tr>
<tr><td>Efecto Corona</td><td>Prueba de tensión inducida (A8)</td><td rowspan="2">Prueba de tensión inducida (A8)</td><td rowspan="3">Impedancia (A9)</td><td>Resistencia (A5)</td></tr>
<tr><td>Calentamiento Celulosa</td><td rowspan="2">Resistencia (A5)</td><td>Factor de Potencia (A4)</td><td rowspan="2">Prueba de tensión inducida (A8)</td></tr>
<tr><td>Calentamiento del aceite</td><td>Prueba de tensión inducida (A8)</td><td>Factor de Potencia (A4)</td></tr>
</table>

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Interpretación de pruebas de campo.			
Categoría del problema (Hipótesis)	Información de significancia en la prueba		
	Primera prioridad	Segunda Prioridad	Tercera prioridad
Espiras en corto	TTR fuera de tolerancia	Baja resistencia Ohmica	Incremento en corriente de excitación
Devanados en circuito abierto	TTR Fuera de tolerancia	Alta resistencia Ohmica	Tensión inducida con niveles de descargas altos
Humedad	Factor de potencia alto	baja rigidez dieléctrica y alta humedad en aceite	Baja resistencia de aislamiento
Daño en el aislamiento principal	Factor de potencia alto	Baja resistencia del aislamiento	Tensión inducida con niveles de descargas altos
Falla con daños mecánicos	Desviaciones con corrientes de excitación, alta impedancia	Tensión inducida con niveles de descargas altos	Cambio en impulso en baja tensión
Calentamiento del núcleo	Anormalidad en análisis de gases	Resistencia aislamiento del núcleo baja	Incremento en corriente de excitación.

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Inspección en el tanque principal

Aceite	Olor inusual del aceite	Color	Indicaciones de humedad y su ubicación	Agua libre en el tanque y su contenido		
Materiales ajenos (escombros)	Cantidad	Localización	Muestra para análisis			
Quemaduras, decoloración o depósitos	Paredes del tanque	Terminales de los bushings	Apantallamientos dieléctricos	Conectores de cobre		
	Barras de salida	Empaques	Tornillos	Estado de accesos	Flotantes	
Pérdidas de conexión o empalmes	Conectores a taps	Bushings	Terminales	espaciadores	Conexiones en núcleo	
Condición del TAP CHANGER	Contactos	Mecanismo	Eje de acople	Apantallamientos		
Caminos de carbón	Localización	Cantidad	Daños en porcelana	Salpicaduras de Cobre o aluminio	Deformaciónes en la superficie de aislamiento o terminales	
Devanados o salidas	Conectores	Sistema soporte y prensado piezas sueltas	Decoloraciones en la superficie			
	Asimetría	Distorsiones movimientos	Puntos calientes	Sobrecalentamientos		
Condición de TCs	Soportes	Estado del cableado	Salidas de devanados	Puntos calientes		
Núcleo	Conexiones	Sobrecalentamiento	Evidencia de bajo nivel de aceite	Conexiones a tierra	desechos	Condición de tornillos
	Resultados anormales de aislamiento	Evidencias de bajo nivel de aceite				

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Inspección del compartimiento del LTC	
Quemadura inusual en contactos	Condición de resistencias de transición
Arco entre contactos	Condición del transformador serie
Arco de contacto a tierra	Condición de hermeticidad del tanque
Falla mecánica de partes	Condición del deshumectador de silicagel
Falta de alineamiento entre partes.	Presencia de depósitos de carbón
Falla en botellas de vacio	Falta de partes
Condición del mecanismo motorizado	Evidencia de partes sueltas
Evidencia de nivel de aceite	Condición del autotrafo preventivo (reactor)
Condición de tablero de conexión	Condición de interruptor de vacio
Correcta operación de principio y final de carrera	Posición de todos los contactos
Evidencia de partes rotas	Evidencia de humedad
Evidencia de partes deformadas	Condición de los contactos fijos
Condición de contactos móviles	Condición del reversing switch

RECOLECCION DE LA INFORMACION



Observación en desencube de parte activa	
Daño del núcleo, disrupción dieléctrica del aislamiento del núcleo debido a	Circulación de corriente a través del núcleo
	Sobrecalentamiento debido a excesivo flujo magnético
	Laminaciones de cobre soldadas
Evidencias de rastros de disrupción dieléctrica	Humedad
	Contaminación
	Distancias dieléctricas
	Evolución de gases
	Estática
	Descargas parciales (Corona)
	Quemaduras, carbonizaciones o decoloración en el aislamiento
	Perforaciones en el aislamiento
	Conductores quemados
	Conductores fundidos
	Conductores transpuestos entre espaciadores radiales
Evidencias de daño radial	Conductores deformados
	Colapso radial hacia dentro de la bobinas
	Conductores transpuestos desde su condición original

RECOLECCION DE LA INFORMACION

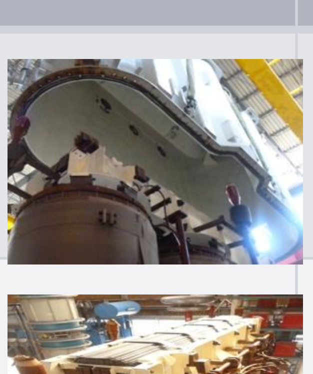
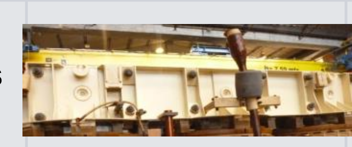
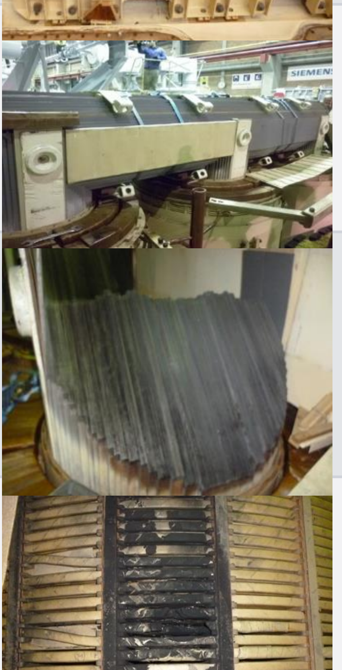


Observación en desencube de parte activa	
Evidencias de falla axial	Conductores ladeados o inclinados
	Descarrilamiento de conductores
	Colapso de los apoyos finales de los devanados
Evidencias de falla mecánica	Evidencias de deformación del aislamiento de conductor
	Desplazamientos circunferenciales de conductores
	Evidencia de localización de objetos extraños
	Disrupción dieléctrica entre núcleo y tornillos compresores
	Sobrecalentamiento debido a excesivo flujo magnético
	Desalineamiento de espaciadores (devanados sueltos)
	Elementos aislantes de bobinas fuera de lugar
	Pérdida o daño de conexión a tierra.
Evidencias de falla térmica	Cambio de color en las fases no falladas
	Coloraciones en los terminales de salidas de bobinas
	Cristalización de aislamientos.

G

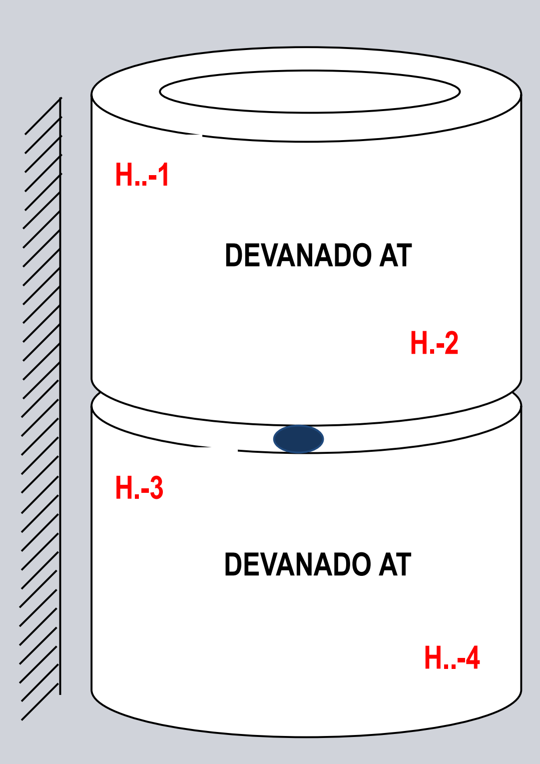
RECOLECCION DE LA INFORMACION



	**Materiales ajenos (escombros)**		
	Quemaduras, decoloración o depósitos		
	**Caminos de carbón**		**Quemaduras, decoloración o depósitos**
	Caminos de carbón		**Caminos de carbón Quemaduras, decoloración o depósitos**

RECOLECCION DE LA INFORMACION





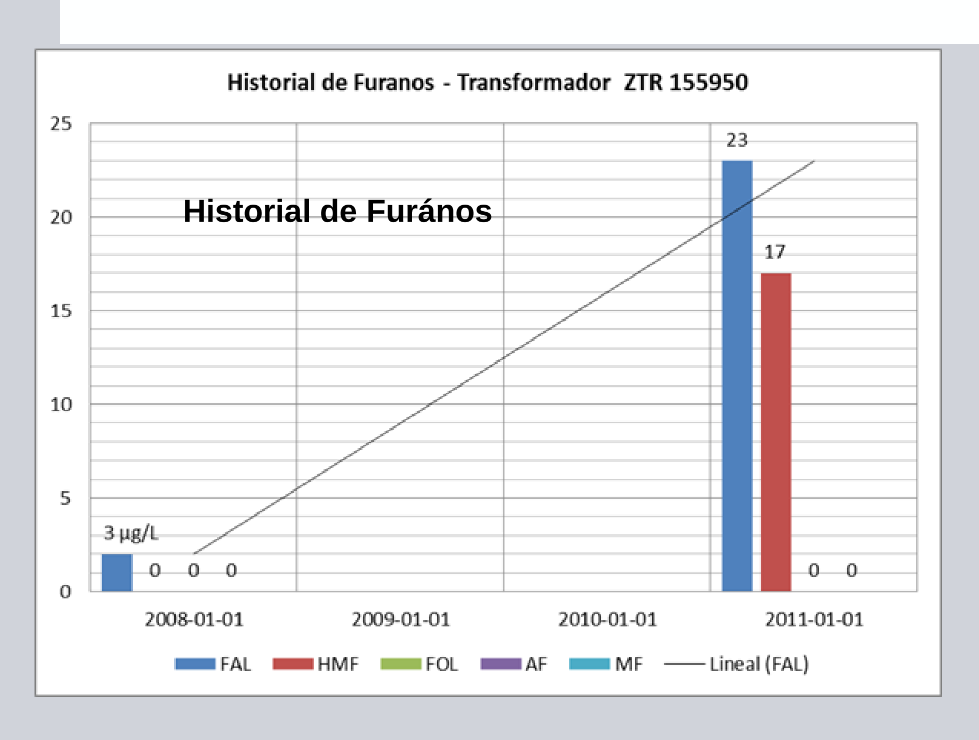
Grado Polimerización Promedio
913

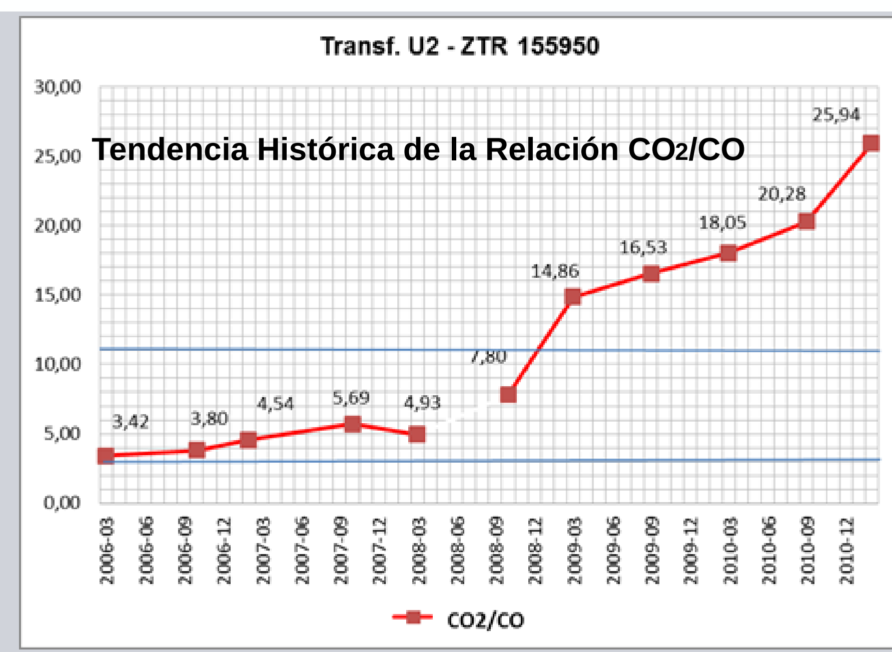
Fase	Devanado AT			Devanado BT		
	Punto	GP	GPP	Punto	GP	GPP
A	H1-1	868	911	X1-1	903	920
	H1-2	904		X1-2	883	
	H1-3	1.005		X1-3	876	
	H1-4	865		X1-4	1.021	
B	H2-1	906	927	X2-1	840	874
	H2-2	864		X2-2	841	
	H2-3	954		X2-3	843	
	H2-4	985		X2-4	971	
C	H3-1	857	924	X3-1	884	920
	H3-2	938		X3-2	898	
	H3-3	906		X3-3	888	
	H3-4	996		X3-4	1.012	

GP medido en los devanados AT y BT del Transformador

RECOLECCION DE LA INFORMACION







Considerándose el primer análisis de furános realizado en el año 2008 como el punto de arranque y observando el último reporte de análisis realizado en el año 2011 de una muestra post-falla, vemos en la gráfica que en los últimos 3 años se ha producido una generación relativamente baja pero importante de dos de los cinco compuestos analizados: FAL (23 Rg/L), HMF (17) y AF (3) para un total de generación de compuestos de furános (40 Rg/L o ppb), lo que puede sugerir la existencia de una condición de sobrecalentamiento activo que está causando una degradación lenta (aprox. 7 µg/L x año) pero permanente del aislamiento de celulosa.

Desde el inicio de las mediciones AGD, la relación de CO2/CO tenía una tendencia creciente, llegando a superar en el año 2009 el valor considerado como límite. . Los investigadores indican que una relación fuera del rango de 3 a 11, nos indica una falla que involucra el aislamiento de papel..

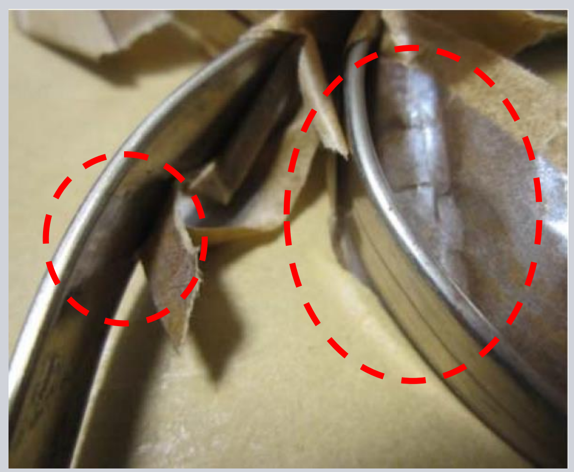
RECOLECCION DE LA INFORMACION



Estudio microscópico del papel y del conductor

Muestra de conductores tomados cercanos al punto de falla - Devanado AT - Fase C - Transformador Se trata de dos conductores similares aislados de manera individual y recubiertos ambos con papel aislante.







Se observa las señales de quema del papel aislante externo y del papel propio de cada conductor.

Al abrir el par de conductores individuales, se reveló un gran depósito de sulfuro de cobre en el lado interior de ambos

Una vez desenvuelto el papel que revestía el par de conductores, la inspección microscópica mostró no solo las trazas de quemaduras habituales, sino la visualización de rastros (trayectos o caminos) significativos que precedieron a la disrupción eléctrica.

SIEMENS

Untersuchungsbericht **Schutzklasse: Vertraulich**

Adresse	Dienststelle	Telefon	Aktenzeichen
Katzwanger Str. 150 90461 Nürnberg	TR TLM EUR D3	+49 911 434--	ML035-12
Bearbeiter	Gegenzeichnung	Datum	Seite
Höhlein	Stuermer	13.02.2012	1 von 3


SIEMENS
1- INTRODUCCIÓN
2- DETERMINACIÓN E INVESTIGACIÓN DE UNA OCURRENCIA DE FALLA
3- RECOLECCION DE LA INFORMACION
4-ANALISIS
© Siemens AG

ANALISIS





Con la información obtenida, se plantean hipótesis usando el método científico, la información debe estudiarse cuidadosamente antes de proseguir con las interpretaciones

En servicio; las fallas generalmente resultan en daños mecánicos o daños eléctricos.

Las hipótesis de falla deben probadas contra la información disponible y el comportamiento que se espera en el desarrollo de falla y su relación con otros componentes.

La precisión de cada hipótesis se debe soportar con simulaciones y análisis de laboratorio.

ANALISIS



Reducción de la resistencia dieléctrica del papel y del aceite aislante debido a presencia de humedad

Presencia de oxigeno y humedad como elementos aceleradores del envejecimiento del aislante líquido y/o sólido

Pérdida de la resistencia dieléctrica a lo largo de la superficie entre componentes a diferente potencial.

Fatiga atribuible a fractura de material

Corrosión resultante de una reacción química en ambiente circundante, en el cuál la erosión forma deterioro de la superficie, produciendo corrientes adicionales o descargas parciales (PD)

Deterioro mecánico de un material resultante de esfuerzos severos o prolongados

Ruptura dieléctrica, conllevando a falla del dieléctrico. Ocasionados por contaminación, envejecimiento térmico, esfuerzos de voltaje excesivos y repetitivos, incluye la pérdida de resistencia dieléctrica por deformación mecánica.

ANALISIS



6. ANALISIS DE CAUSA RAIZ.

Con toda la información recopilada en la investigación de causa raíz, que incluyo sin restricción los ítems relacionados en este resumen y sus anexos, se puede considerar teniendo presentes las evidencias, el desarrollo de mecanismo de falla por ruptura dieléctrica, tomando en consideración el desarrollo de los numerales 2,5 a 2,7 de este informe descrito en la guía IEEE Std C57.140-2006 *"Guide for the evaluation and Reconditioning of liquid Immersed Power Transformers"* Los mecanismos descritos llevan hacia el siguiente mecanísmo de falla.:

- Corrosión resultante de una reacción química en ambiente circundante, en el cuál la erosión forma deterioro de la superficie, produciendo corrientes adicionales o descargas parciales (PD). En consideración a la presencia del sulfuro de cobre depositado en los aislamientos circundantes a los conductores, los cuales transfieren una característica de conducción al material aislante (papel) de los conductores.

-Ruptura dieléctrica, conllevando a falla del dieléctrico, ocasionados por contaminación, en consideración a los hallazgos encontrados se encuentra una contaminación completa del material aislante líquido por Azufre corrosivo, el cuál al contacto con el material aislante sólido de los conductores (papel kraft) y este con el conductor, origina reacción química con emisión de sulfuro de cobre, esta situación conlleva a la disminución de la resistencia dieléctrica entre conductores, induciendo caminos de fuga entre espiras y conllevando a pérdida del aislamiento y ruptura dieléctrica.

ANÁLISIS



El mecanismo de ruptura del dieléctrico, encontrado está directamente relacionado con la presencia de un ambiente corrosivo, constituido por el aceite dieléctrico el cuál una vez impregnado en forma uniforme en todo el papel aislante del conductor de todos los devanados, y aún en presencia de temperaturas bajas de operación, paulatinamente contamina el aislamiento con impurezas conductoras provenientes del sulfuro de cobre, produciendo descargas parciales entre espiras de devanados (de muy poca energía, y pocas veces detectables en razón a que las tensiones entre espiras de los devanados son de pocas centenas de voltios, para el caso menos de 200 voltios por espira) (Figura de referencia B5 de la tabla de referencia 11 " *Relative Voltage Stresses in Core Form Transformers. IEEE C57.125-1991_R2005, Winding Failure Modes for Core Form Transformers"*

El defecto del aislamiento no está relacionado con alguno proveniente de la fabricación del transformador, sino con el material líquido aislante utilizado, el cuál contaminó homogéneamente todos los devanados, debido a la misma naturaleza de funcionamiento del transformador, en el cual el aceite aislante no se deposita estáticamente en contenido en todo el volumen que ocupa en el transformador. Sino que por razón a la dinámica del líquido el aceite transita por todo el tanque impelido por las bombas del equipo de refrigeración, estando en servicio ó por mecanismos de convección natural cuando el circuito de refrigeración esta fuera de servicio.

SIEMENS

IEEE PC57.149: Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil Immersed Transformers

•CIGRE FRA Working Group A2.26: Valoración mecánica de devanados de transformadores por análisis de frecuencia (FRA).

IEEE C57-104 – 2008 ¨*Guide for Interpretation Of. Gases Generated in Oil-Immersed Transformers*¨

IEC 60599 Edición 2.1 del 2007-05 ¨*Guide to the Interpretation of dissolved and free gases analysis*¨.

Guía *IEEE C57.106 – 2006 ¨Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment"*

Guía IEEE C57.140 – *2006 ¨Guide for Evaluation and Reconditioning of Liquid Immersed Power Transformers"*

IEC 60422 *¨Mineral Insulating Oils in Electrical Equipment – Supervision and Maintenance Guidance ¨.*

Guia IEEE C57.125.1991(R2005) IEEE Guide for failure investigation, documentation, and analysis for Power Transformers and Shunt Reactors


SIEMENS
SIEMENS
SITRAM® DRY
Stationary Transformer Drying
& Moisture Monitoring
Muchas gracias
por su atención